

УДК 313.333

Днепровский В.В.¹, Киселев Д.В.²

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ РОЛЬГАНГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ

Рассматривается динамическая постоянная, которая является одним из важных показателей работы трёхфазных асинхронных рольганговых электродвигателей. С помощью ее определяется допустимое число циклов в час при различных режимах работы. Предложена формула расчета динамической постоянной рольганговых электродвигателей для работы при различных частотах питающей сети.

Важнейшим показателем динамических свойств рольганговых электродвигателей является динамическая постоянная - D , имеющая размерность $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч}^{-1}$. Для проверки степени нагрева рольганговых электродвигателей широко распространен метод расчета нагрева электродвигателя по эквивалентному току статора. Этот метод основан на предположении постоянства потерь в стали и механических потерь на трение во всех режимах работы, что не соответствует действительному их значению, особенно в режимах торможения противотоком, которое часто применяется в приводах рольгангов. Для рольганговых электродвигателей отношение тока статора при номинальной мощности к току холостого хода находится в пределах от 1 до 2. Чем больше полюсов у электродвигателя, тем меньше изменяется ток статора при увеличении нагрузки, вплоть до номинальной, т.е. остается приблизительно равным току холостого хода. Величина же тока ротора изменяется весьма значительно, а следовательно значительно изменяются и потери в обмотке ротора. Этот фактор так же не учитывается в методе расчета нагрева электродвигателей по эквивалентному току. Учитывая возможные недочеты в существующем методе расчета нагрева для трехфазных АР разработан метод выбора электродвигателей по динамической постоянной.

Выражение для динамической постоянной приведено в работе [1]

$$D = \frac{3600 \cdot S_{\text{охт}} \cdot \theta_{\text{м1}} \cdot \alpha - 3600 \cdot \rho_0 \cdot \frac{ПВ}{100}}{4 \cdot \frac{n_1^2}{730} \left[1 + \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{2 \cdot I_0}{D_k} \right) \right]}, \quad (1)$$

где $S_{\text{охт}}$ - охлаждающая поверхность сердечника статора;

$\theta_{\text{м1}}$ - допускаемое превышение температуры обмотки статора;

α -- коэффициент теплоотдачи, отнесенный к охлаждающей поверхности сердечника статора;

ρ_0 - потери холостого хода;

$ПВ$ - продолжительность включения, %;

n_x - синхронная скорость;

R_x - активное сопротивление обмотки статора;

R_2 - активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора;

I_0 - ток холостого хода, А;

D_k - диаметр окружности круговой диаграммы.

¹ ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

² ПГТУ, аспирант.

Выражение $3600 \cdot S_{\text{окт}} \cdot \theta_{\text{м}} \cdot \alpha$ представляет допустимое количество тепла, выделяемое двигателем за 1 час; выражение $3600 \cdot \rho_0 \cdot \frac{ПВ}{100}$ представляет потери энергии холостого хода за 1 час при заданной продолжительности включения.

Знаменатель выражения (1) представляет потери в обмотках статора и ротора, обусловленные ускорением и торможением маховых масс.

Динамическая постоянная равна сумме моментов инерции, которые двигатель, работая без статической нагрузки в течение часа при заданном ПВ(%), способен разогнать до синхронной скорости при условии, что превышение температуры его статорной обмотки не превзойдет допустимой величины.

С помощью динамической постоянной может быть определено допустимое число циклов в час при повторно-кратковременном режиме работы

$$Z = \frac{D}{K \sum J}, \quad (2)$$

где $\sum J$ - суммарный момент инерции системы ролланг-двигатель, приведенный к валу двигателя;

K - коэффициент, определяющий характер цикла (для пуска с самоторможением $K=1$, для пуска с динамическим торможением $K=2$, для пуска и торможения противотоком $K=4$). При принятых значениях коэффициентов K под циклом понимается пуск и торможение электродвигателя.

Проведем анализ соотношения (1). В этом выражении зависящими от частоты величинами являются потери холостого хода ρ_0 и синхронная скорость вращения n_1 .

$$\text{Приняв } a = 3600 \cdot S_{\text{окт}} \cdot \theta_{\text{м}} \cdot \alpha, \quad b = 3600 \cdot \rho_0 \cdot \frac{ПВ}{100}, \quad c = \frac{4}{730} \left[1 + \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{2 \cdot I_0}{D_k} \right) \right]$$

формулу (1), можно записать в виде

$$D = \frac{a - b \rho_0}{c n_1^2}, \quad (3)$$

Результаты испытаний асинхронных ролланговых электродвигателей, проводимых в СКБ завода «Сибэлектромотор» г. Томск показывают, что потери механические малы по сравнению с потерями в стали, особенно в низкоскоростных электродвигателях ($2\rho \geq 6$), поэтому ими можно пренебречь и принять, что $\rho_0 \approx \rho_{\text{ст}}$.

$$\text{Потери в стали зависят от частоты в степени } 1,3 - 1,5. \text{ Примем } \rho_{\text{ст}} = \left(\frac{f_1}{f_{1н}} \right)^{1,5} \cdot \rho_{\text{ст.н}},$$

где $\rho_{\text{ст.н}}$ - потери в стали при номинальной частоте 50 Гц;

$$K_f = \frac{f_1}{f_{1н}} - \text{параметр частоты регулирования [2].}$$

$$\text{Следовательно, можно считать, что } \rho_0 = K_f^{1,5} \rho_{0н}.$$

Синхронная скорость вращения изменяется пропорционально частоте, т.е. $n_1^2 = K_f^2 \cdot n_{1н}^2$. Тогда выражение для динамической постоянной может быть записано в виде

$$D = \frac{A - B \cdot K_f^{1.5}}{CK_f^2}, \quad (4)$$

где $A = a, B = b \cdot \rho_{0n}, C = c \cdot n_{1n}^2$

Из соотношения (4) видно, что с уменьшением частоты динамическая постоянная растет, причем рост наиболее заметен при частотах 10 Гц и менее.

Возрастание динамической постоянной при уменьшении частоты говорит о том, что при низких частотах может быть существенно повышено допустимое число включений.

При номинальной частоте $K_f = 1$, тогда динамическая постоянная соответствующая номинальной частоте, будет $D_n = \frac{A - B}{C}$.

Если взять отношение динамической постоянной при текущей частоте (4) к динамической постоянной при номинальной частоте

$$\frac{D}{D_n} = \frac{A - B \cdot K_f^{1.5}}{A - B} \cdot \frac{1}{K_f^2}, \quad (5)$$

то можно получить формулу для определения динамической постоянной при любой частоте

$$D = \frac{A - B \cdot K_f^{1.5}}{A - B} \cdot \frac{D_n K_f^2}{K_f^2}, \quad (6)$$

Когда известно значение динамической постоянной D_n при номинальной частоте 50 Гц и значение констант А и В, то по формуле (6) определяется динамическая постоянная при любой частоте.

Выводы

Предложена формула для определения динамической постоянной рольганговых электродвигателей при любой частоте.

Перечень ссылок

1. Днепро́вский В.В. Исследование влияния технологии изготовления на качество асинхронных рольганговых электродвигателей: Дие.канд.техн.наук: 05.09.01-защищена 19.09.1973; утв. 26.04.1974; Р-2325.Томск, 1972.-194 с.
2. Днепро́вский В.В., Киселев Д.В. Динамика асинхронных рольганговых электродвигателей при питании напряжением регулируемой частоты // Вісник Приазов. техн. ун-ту: 36. наук. праць.-Маріуполь, 2000.-Вип.9.-С.229-231.

Днепровский Владимир Васильевич. Канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации энергетических систем и электропривода, окончил Томский политехнический институт в 1961 году. Основные направления научных исследований - определение и оптимизация параметров асинхронных электродвигателей переменной частоты исходя из условий обеспечения требуемых законов управления электродвигателями наиболее простыми средствами.

Киселев Дмитрий Вячеславович. Аспирант кафедры автоматизации энергетических систем и электропривода, окончил Приазовский государственный технический университет в 1995 году. Основные направления научных исследований - определение и оптимизация параметров асинхронных электродвигателей переменной частоты исходя из условий обеспечения требуемых законов управления электродвигателями наиболее простыми средствами.

Статья поступила 05.02.2001.